

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 196 26 669 C 1

21 Aktenzeichen n: 196 26 669.6-51
22 Anmeldetag: 3. 7. 96
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 28. 8. 97

51 Int. Cl. 6:
G 01 M 13/00
G 01 M 7/02
G 01 M 15/00
F 16 D 66/02
G 01 N 19/02

DE 196 26 669 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
SEW-Eurodrive GmbH & Co, 76646 Bruchsal, DE

74 Vertreter:
Lichti und Kollegen, 76227 Karlsruhe

72 Erfinder:
Nestler, Helmut, Dr., 76646 Bruchsal, DE; Meiser,
Karl-Heinz, Dr., 76646 Bruchsal, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 37 39 836 C2
DE 41 16 345 A1
DE 38 28 932 A1

Meyers Lexikon der Technik und der exakt n
Naturwissenschaften, 1. Bd., A-E, Mannheim u. a.:
Bibliographisches Institut 1969, S. 411;
TR Technische Rundschau, Heft 5, 1993, S. 48-51;
VDI-Richtlinien, VDI 2563 Entwurf, Ang. 1988, S. 1, 11
und 12;
VDI-Berichte Nr. 368, 1980, S. 59-65;

64 Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen des Verschleißes eines Bremsbelags bei Bremsmotoren

57 Ein Verfahren zum Überwachen des Verschleißes eines
Bremsbelags bei Bremsmotoren zeichnet sich dadurch aus,
daß der Körperschall des Bremsmotors bei Einfallen der
Bremsse gemessen und aus der Veränderung des Körper-
schalls auf den Verschleiß des Bremsbelags geschlossen
wird. Eine Vorrichtung zur Überwachung des Verschleißes
eines Bremsbelags bei Bremsmotoren weist hierzu zumin-
dest einen Körperschallsensor auf, der ein dem Körperschall
des Bremsmotors entsprechendes Signal an eine Signalver-
arbeitungs- und Auswerteeinrichtung abgibt.

DE 196 26 669 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen des Verschleißes eines Bremsbelags bei Bremsmotoren.

Ein gattungsgemäßes Verfahren und eine gattungsgemäße Vorrichtung sind aus der DE 37 39 836 C2 bekannt. Die Überwachung des Bremsverschleißes erfolgt hier durch eine in die Zuleitung des Bremsmagneten eingeschleifte Meßschaltung, die bei angepreßtem Bremsbelag auf die in Abhängigkeit des Arbeitsluftspaltes und damit in Abhängigkeit der Stärke des Bremsbelages auftretende Stromstärke anspricht.

Weiterhin ist bekannt, die Bremsbelagverschleißüberwachung bei Bremsmotoren, also Elektromagneten mit eingebauter elektromagnetisch löfbarer Bremse, mittels direkter Luftspaltmessung durchzuführen, wobei Sensoren, Näherungsschalter, Mikroschalter oder Abstandssensoren in die Bremse eingebaut werden, um nach Überschreitung des maximal zulässigen Bremsenluftspaltes beispielsweise einen Überwachungsstromkreis auszulösen. Der Einbau derartiger Sensoren in die Bremse gestaltet sich äußerst schwierig, da die Bremse zum einen konstruktiv modifiziert werden muß und zum anderen eine manuelle Justage der eingebauten Sensoren notwendig ist, damit der Schwellenwert für die "gut"/"schlecht"-Erkennung korrekt erfaßt werden kann. Dadurch, daß der Sensor jeweils in die Bremse einzubauen ist, kann nicht ein Sensor für beliebig viele Motoren verwendet werden. Entsprechend ergeben sich hohe Fertigungskosten für Bremsmotoren mit derartigen Sensoren zur Bremsbelagverschleißüberwachung. Des weiteren ist aufgrund der "gut"/"schlecht"-Erkennung keine kontinuierliche Überwachung des Bremsbelagverschleißes möglich. Auch ist keine sichere Erfassung des Schwellenwertes über die Betriebsdauer hin möglich, da die Sensoren temperaturempfindlich sind.

Ein Bremsmotor als solcher ist in Meyers Lexikon der Technik und der exakten Naturwissenschaft, 1. Band, A—E, Mannheim u. a. Bibliographisches Institut 1969, Seite 411, beschrieben.

Aus der DE 38 28 932 A1 ist bekannt, Elektromotoren mit Hilfe eines Körperschallsensors zu überwachen.

Die DE 41 16 345 A1 betrifft ein Verfahren zur Schadensfrüherkennung an einem im Betrieb kontinuierlich Körperschall emittierenden rotierenden Bauteil einer Maschine. Die Körperschallparameter werden mit Hilfe eines einzigen Schallaufnehmers gemessen und durch Filter in einen hochfrequenten und einen tieffrequenten Bereich des Frequenzspektrums getrennt. Es werden Körperschalleistungsspektren gebildet und hieraus eine Kohärenzfunktion berechnet. Hierdurch kann der Schaden an Bauteilen einer Maschine, also auch an Verschleißteilen erkannt werden. Der Einsatz der Körperschallmessung zur Bestimmung des Verschleißverhaltes eines Verschleißteils ist nicht speziell angesprochen.

Aus TR Technische Rundschau Heft 5, 1993, S. 48—51, ist bekannt, Werkzeugverschleiß mit Hilfe des durch den Bearbeitungsvorgang am Werkzeug erzeugten Ultraschallsignals (Bearbeitungsgeräusch) zu überwachen.

Aus "VDI-Richtlinien", VDI 2563 Entwurf, Aug. 1988, Seiten 1, 11 und 12, ist bekannt, daß bei Bremsvorgängen Quietschen, Betätigungsquietschen, Bremsrubbeln und Schab- und Reibgeräusche entstehen können. Ursache ist ein Gleitreibungsvorgang zwischen Bremsbelag und Brems Scheibe bzw. Bremsstrommel.

Aus "VDI-Berichte" Nr. 368, 1980, Seiten 59—65, ist

bekannt, daß jedes Bremssystem aus einzelnen Teilen, z. B. Bremsbelägen, besteht, die für sich schwingungsfähig sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß unter Vermeidung der vorgenannten Nachteile eine kontinuierliche Überwachung des Bremsbelagverschleißes bei einfacher Montage und geringen Herstellungskosten möglich ist.

Erfindungsgemäß wird die genannte Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß der Körperschall des Bremsmotors bei Einfallen der Bremse gemessen und aus der Veränderung des Körperschalls auf den Verschleiß des Bremsbelags geschlossen wird. Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich durch zumindest einen Körperschallsensor aus, der ein dem Körperschall des Bremsmotors entsprechendes Sensorsignal an eine Signalverarbeitungs- und Auswerteinrichtung abgibt. Die Überwachung des Bremsbelagverschleißes erfolgt also nicht mehr durch direkte Luftspaltüberwachung, sondern durch Messung des Körperschalls, welcher durch den Aufprall der Ankerscheibe auf den Bremsbelag bei Einfallen der Bremse im Bremsmotor entsteht. Die Erfindung macht dabei von der sich überraschend herausgestellten Erkenntnis Gebrauch, daß sich der Körperschall mit zunehmender Luftspaltvergrößerung, also zunehmendem Verschleiß des Bremsbelags, kontinuierlich verändert. Da sich der Körperschall über den gesamten Bremsmotor ausbreitet, ist es nicht mehr notwendig, den Körperschallsensor direkt in die bzw. an der Bremse anzuordnen, so daß ein einfacher Einbau bzw. Anbau in jede bestehende Anlage ohne Schwierigkeiten möglich ist und so beliebig viele Anlagen mit einem Sensor kontrolliert werden können. Durch die Signalverarbeitungs- und Auswerteinrichtung kann mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine zuverlässige Verarbeitung und Auswertung der gemessenen Sensorsignale erfolgen, so daß die Veränderungen des Körperschalls jeweils entsprechenden Veränderungen hinsichtlich der Luftspaltgröße zugeordnet werden können.

Bevorzugt wird der Körperschall dabei mittels eines am Bremsmotor angebrachten Beschleunigungsaufnehmers gemessen. D.h., daß eine mit dem Körperschall korrespondierende Größe, nämlich der zeitliche Verlauf der Beschleunigung während des Bremseneinfalls, also die festigkeitsmäßige Beanspruchung des Bauteils bzw. Bremsmotors, gemessen wird. Durch einen solchen Beschleunigungsaufnehmer kann die beim Bremseneinfall und Aufprallen der Ankerscheibe entstehende gedämpfte Schwingung optimal erfaßt werden. Der Körperschall bzw. die Beschleunigung wird dabei jeweils über ein gegebenes Zeitintervall gemessen, wobei die Abtastfrequenz bei der Messung hoch ist, um eine genaue Erfassung der Meßdaten zu ermöglichen.

In Weiterbildung ist vorgesehen, daß aus dem zeitlichen Körperschall- bzw. Beschleunigungsverlauf durch schnelle Fourier-Transformation (FFT) das Körperschallfrequenzspektrum bzw. das Beschleunigungsspektrum bestimmt wird. Hierdurch können die gemessenen Beschleunigungs- bzw. Körperschallamplituden jeweils den unterschiedlichen Schwingungsfrequenzen bei der Ausbreitung des Körperschalls zugeordnet werden. Gegebenenfalls ist auch eine direkte Bewertung des Zeitverlaufs der Beschleunigung, z. B. über die Signalenergie, möglich.

Um ein Körperschallfrequenzspektrum zu erhalten, welches eine hinreichende Aussage über den Bremsen-

zustand liefert, werden bevorzugt die Körperschallfrequenzspektren mehrerer aufeinanderfolgender Messungen gemittelt. Dabei wird wegen der Kürze des Bremsvorgangs pro Bremsvorgang jeweils nur ein Einzelspektrum bestimmt und dann aus aufeinanderfolgenden Einzelspektren ein gemittelttes Körperschallfrequenzspektrum gebildet. Dies ist möglich, da die Anzahl der Bremsvorgänge bis zu einem nennenswerten Verschleiß des Bremsbelages hoch und damit die Zeiträume bis zur Vergrößerung des Bremsenluftspaltes während der Betriebsdauer lang genug sind, um die notwendige Anzahl an Einzelspektren für einen definierten Verschleißzustand zu erhalten, aus denen eine ausreichende Mittelung möglich ist. Die Anzahl der zur Mittelung herangezogenen Körperschallfrequenzspektren beträgt bevorzugt zumindest fünf, höchst bevorzugt ist eine Anzahl von mehr als zehn Spektren vorgesehen, um bei konstantem Bremsenluftspalt ein reproduzierbares, gemittelttes Körperschallfrequenzspektrum zu erhalten. Ein Vergleich der gemittelten Körperschallfrequenzspektrum hat dabei gezeigt, daß die Amplituden bestimmter Frequenzanteile bei fortschreitendem Verschleiß des Bremsbelages zunehmen und daß auch bei höheren Frequenzen zusätzliche Spektrallinien erscheinen. Diese Amplituden sind dabei eindeutig auf die Veränderung des Bremsenluftspaltes und damit den Bremsbelagverschleiß zurückzuführen. Da aber eine Verschleißerkennung auf der Basis eines direkten Spektrenvergleichs über einzelne Spektralkomponenten der gemittelten Körperschallfrequenzspektren schwierig ist, ist in bevorzugter Ausgestaltung vorgesehen, daß das Integral des gemittelten Körperschallfrequenzspektrums über der Frequenz als Maß für den Verschleiß des Bremsbelags bestimmt wird. Es hat sich nämlich überraschend herausgestellt, daß das Integral des Amplitudenspektrums über der Frequenz eine monoton steigende und damit eindeutige Abhängigkeit vom Bremsenluftspalt aufweist und somit eine eindeutige Funktion des Bremsenluftspaltes und damit des Bremsbelagverschleißes eines Bremsmotors festen Aufbaus darstellt. Das Integral wird dabei über dem durch die Messung fest vorgegebenen Frequenzbereich bestimmt.

Insgesamt ist so ein Verfahren geschaffen, mittels dem eine direkte Aussage über den Verschleiß des Bremsbelages durch Messung der Veränderungen im Körperschallfrequenzspektrum der Bremse mit zunehmendem Verschleiß möglich ist. Zur Verschleißerkennung ist lediglich eine Eichung der Bremse des jeweiligen Typs im Neuzustand notwendig. Hierdurch können die dem Bremsentyp bzw. dem Motor samt Getriebe zuzuordnenden Frequenzanteile höherer Amplitude bestimmt werden. Bei den nachfolgenden Messungen werden dann mittels Beschleunigungsaufnehmer der zeitliche Beschleunigungsverlauf bei Einfallen der Bremse erfaßt und daraus mittels schneller Fourier-Transformation (FFT) das Körperschallfrequenzspektrum ermittelt. Aus mehreren fortlaufend gemessenen und durch Fourier-Transformation bestimmten Einzelspektren wird dann ein gemittelttes Spektrum gebildet. Aus diesem gemittelten Spektrum wird das Integral über einen fest vorgegebenen Frequenzbereich bestimmt, welches für einen gegebenen Bremsenluftspalt konstant ist.

Der als Körperschallsensor dienende Beschleunigungsaufnehmer eines Schwingungsmeßgerätes kann grundsätzlich an einer beliebigen Stelle am Motor platziert werden, sofern diese den Körperschall der einfallenden Bremse übertragen kann. Es ist bei der nachfolgenden kontinuierlichen Verschleißüberwachung ledig-

lich darauf zu achten, daß der Beschleunigungsaufnehmer immer wieder an diesem Ort appliziert wird. Die Einbaulagen hängen dabei im einzelnen jeweils von der Größe des Beschleunigungsaufnehmers ab. Bevorzugt ist jedoch vorgesehen, daß der Beschleunigungsaufnehmer außen am Motorgehäuse des Bremsmotors angeordnet ist. Der Aufnehmer kann dabei z. B. einfach am Klemmenkasten montiert bzw. von diesem demontiert werden, um bei einer anderen Anlage Verwendung zu finden.

Bevorzugt weist der Beschleunigungsaufnehmer zur Messung einen Piezosensor oder aber einen Dehnungsmeßstreifen auf. Bei der ersten Ausführungsform wird eine Änderung der piezoelektrischen Ladung hervorgerufen, bei der zweiten Ausführungsform eine solche des Widerstandes. Um nun das gemessene Sensorsignal an die Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung weiterzuleiten, ist ein Meßverstärker vorgesehen, so daß Beschleunigungsaufnehmer verwendet werden können, die auch sehr schnell verlaufende Beschleunigungsvorgänge noch sicher messen.

Um nun die gemessenen Körperschallsignale verarbeiten und auswerten zu können, ist in Weiterbildung vorgesehen, daß die Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung eine Einrichtung zur Fourier-Transformation des Sensorsignals, eine Einrichtung zur Mittelung mehrerer aufeinanderfolgender, durch Fourier-Transformation ermittelter Körperschallfrequenzspektren und eine Einrichtung zur Integration des durch Mittelung erhaltenen Spektrums über der Frequenz aufweist. Hierbei kann es sich vorzugsweise um einen Mikrokontroller handeln, der mit entsprechenden Speichereinrichtungen wie EPROM und RAM verbunden ist.

Da das mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung und durch das erfindungsgemäße Verfahren erhaltene Frequenzspektrum des Körperschalls sehr breitbandig ist, ist in Weiterbildung vorgesehen, daß der Beschleunigungsaufnehmer einen Frequenzbereich zwischen 40 Hz bis 10 KHz erfaßt und eine hohe Resonanzfrequenz aufweist.

Insgesamt sind so ein erfindungsgemäßes Verfahren und eine erfindungsgemäße Vorrichtung geschaffen, mittels denen eine kontinuierliche und zuverlässige Verschleißüberwachung des Bremsbelages von Bremsmotoren unterschiedlicher Baugrößen und Ausführungen der Bremse möglich ist. Dabei wird auf die Messung einer Größe, nämlich des Körperschalls, zurückgegriffen, dessen Messung bisher lediglich zur allgemeinen Maschinenüberwachung erfolgt ist, um geeignete Abhilfemaßnahmen gegen unerwünschte Schwingungen und Geräusche einleiten zu können.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im einzelnen erläutert wird. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine seitliche Außenansicht eines Bremsmotors mit am Klemmenkasten angeordnetem Beschleunigungsaufnehmer;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Verarbeitungs- und Auswerteeinrichtung;

Fig. 3 das Körperschallfrequenz- bzw. Beschleunigungsspektrum eines Getriebemotors vom Typ R82DV 132 54 BMG im Leerlauf bei gelüfteter Bremse;

Fig. 4 das gemittelte Beschleunigungsspektrum des Getriebemotors aus Fig. 3 bei Einfallen der Bremse bei einem Luftspalt von 0,3 mm;

Fig. 5 das gemittelte Beschleunigungsspektrum des Getriebemotors aus Fig. 3 bei Einfallen der Bremse bei einem Luftspalt von 1,15 mm; und

Fig. 6 die Abhängigkeit des Integrals $I(A(f))$ des Beschleunigungsspektrums über der Frequenz vom Luftspalt δ des Getriebemotors aus Fig. 3.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, weist der in Außenansicht dargestellte Bremsmotor 1 einen Klemmenkasten 2 auf, an dem außen ein Beschleunigungsaufnehmer 3 zur Messung des Körperschalls bei einfallender Bremse montiert ist. Die Bremse befindet sich dabei unterhalb der in Fig. 1 dargestellten Lüfterhaube 4.

Der in Fig. 2 schematisch dargestellte Beschleunigungsaufnehmer 3 gibt dabei die von ihm gemessenen Sensorsignale an einen Verstärker 5 weiter, welcher nachfolgend zur Umwandlung der gemessenen Analogsignale in digitale Signale mit einem Analog-/Digital-Wandler 6 verbunden ist. Von diesem gelangen dann die digitalen Signale zu einem Mikrokontroller 7, der mit Speichereinrichtungen 8, 9 (EPROM 8, RAM 9) verbunden ist. In den Speichern können die gemessenen Signale abgelegt werden, bis sie durch den Mikrokontroller 7 verarbeitet und ausgewertet werden. Durch den Mikrokontroller 7 wird aus dem zeitlichen Beschleunigungsverlauf bei Einfallen der Bremse das Beschleunigungs- bzw. Körperschallfrequenzspektrum mittels FFT ermittelt. Die jeweils ermittelten Spektren können dann zwischengespeichert und nach Erreichen der zur Mittelung notwendigen Anzahl an Messungen zur Mittelung abgerufen werden. Nach erfolgter Mittelung können dann die gemittelten Spektren wiederum durch den Mikrokontroller über einen durch die Messung fest vorgegebenen Frequenzbereich integriert werden. Die ermittelten Integrale werden dann in Abhängigkeit des Bremsenluftspaltes gespeichert und können später zur Auswertung abgerufen werden.

Bei einem konkreten Ausführungsbeispiel, dessen Ergebnisse in den Fig. 3 bis 5 dargestellt sind, wurde ein Beschleunigungsaufnehmer vom Typ AS 020 mit einem Schwingungsmeßgerät "Vibroport 41" gemäß Technische Dokumentation Vibroport 41, Karl Schenk AG, Darmstadt, Version 1.01, 9202 verwendet, wobei der Beschleunigungsaufnehmer an einem Bremsmotor mit Getriebeanbau vom Typ R82-DV 132 S4 BMG nach Katalog Getriebemotoren 96, SEW-EURODRIVE GmbH, Bruchsal, radial unmittelbar am Klemmenkasten platziert wurde. Dabei wurden die Körperschallfrequenz- bzw. Beschleunigungsspektren unter folgenden Bedingungen gemessen:

1. Dauerbetrieb des Bremsmotors im Leerlauf bei gelüfteter Bremse (Fig. 3),
2. Einfallen der Bremse für Bremsluftspalte von 0,3 bis 1,15 mm mit dem Verschleiß entsprechend abgedrehten Belagträgern.

Die Messungen wurden mit dem Verschleiß entsprechend abgedrehten Belagträgern durchgeführt, um die langen Zeiträume bis zum Erreichen eines definierten Verschleißzustandes der Bremse zu umgehen.

Um die charakteristischen Frequenzanteile höherer Amplitude eindeutig der Bremse bzw. dem Motor samt Getriebe zuordnen zu können, wurden zunächst Messungen im Dauerbetrieb bei unbelastetem Motor ohne Einfluß der Bremse durchgeführt. Das gemittelte Beschleunigungsspektrum im Leerlaufbetrieb (16 Mittelungen) ist in Fig. 3 dargestellt.

Bei Messung des Körperschallfrequenz bzw. Be-

schleunigungsspektrums mit $\delta = 0,3$ mm (entspricht Bremsenneuzustand) ergab sich das in Fig. 4 dargestellte Spektrum. Wie aus dieser Figur ersichtlich ist, liegen die Frequenzanteile mit den größten Amplituden bei etwa 700 Hz, 775 Hz und 1050 Hz. Im Bereich von 6,9 KHz ist ein Nebenmaximum zu sehen.

Das gemittelte Spektrum für einen Luftspalt von $\delta = 1,15$ mm (maximaler Verschleiß) in Fig. 5 zeigt ein im Vergleich zu Fig. 4 um den Faktor 12 größeres Nebenmaximum bei 6,9 KHz. Außerdem zeigen sich bei ca. 2,8 KHz und 3 KHz weitere Nebenmaxima. Der Vergleich der beiden gemittelten Spektren in Fig. 4 und Fig. 5 zeigt, daß mit fortschreitendem Verschleiß, also entsprechend größer werdendem Bremsenluftspalt, sowohl die Amplituden bestimmter Frequenzanteile zunehmen als auch Spektrallinien bei höheren Frequenzen zusätzlich erscheinen. Die Frequenzbandbreite mit diesen verhältnismäßig großen Amplitudenanteilen beträgt ca. 10 KHz.

In Fig. 6 ist nun der Verlauf des Integrals des Amplitudenspektrums über der Frequenz für den entsprechend dem Verschleiß abgedrehten Belagträger dargestellt. Es zeigt sich, daß eine monoton steigende und damit eindeutige Abhängigkeit vom Luftspalt und damit ein Maß für den Bremsenverschleiß vorliegt. Aufgrund dieses eindeutigen Zusammenhangs ist eine kontinuierliche Verschleißüberwachung möglich.

Die kontinuierliche Verschleißüberwachung erfolgt nun, indem jeweils bei Einfallen der Bremse mittels des Beschleunigungsaufnehmers der Körperschall über einem vorgegebenem Zeitintervall gemessen und das Sensorsignal an die Datenverarbeitungs- und Auswertereinheit weitergeleitet wird. Aus dem durch den Beschleunigungsaufnehmer erfaßten zeitlichen Beschleunigungsverlauf wird dann mittels schneller Fourier-Transformation das Körperschallfrequenzspektrum ermittelt. Anschließend werden die Spektren aufeinanderfolgender Messungen einer Mittelung unterzogen. Das gemittelte Spektrum wird dann über der Frequenz integriert, wodurch eine direkte Aussage über den Verschleiß möglich wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen des Verschleißes eines Bremsbelags bei Bremsmotoren, dadurch gekennzeichnet, daß der Körperschall des Bremsmotors bei Einfallen der Bremse gemessen und aus der Veränderung des Körperschalls auf den Verschleiß des Bremsbelags geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Körperschall mittels eines am Bremsmotor angebrachten Beschleunigungsaufnehmers gemessen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine hohe Abtastfrequenz des vom Beschleunigungsaufnehmer gemessenen Signals.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem zeitlichen Körperschall- bzw. Beschleunigungsverlauf durch schnelle Fourier-Transformation (FFT) das körperschallfrequenz- bzw. Beschleunigungsspektrum bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Körperschallfrequenz- bzw. Beschleunigungsspektren mehrerer aufeinanderfolgender Messungen gemittelt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß zumindest fünf Körperschallfrequenz- bzw. Beschleunigungsspektren gemittelt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Integral des gemittelten Spektrums über der Frequenz als Maß für den Verschleiß des Bremsbelags bestimmt wird. 5

8. Vorrichtung zur Überwachung des Verschleißes eines Bremsbelags bei Bremsmotoren, gekennzeichnet durch zumindest einen Körperschallsensor (3), der ein dem Körperschall des Bremsmotors entsprechendes Signal an eine Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung (5, 6, 7, 8, 9) abgibt. 10

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Körperschallsensor (3) ein Beschleunigungsaufnehmer ist. 15

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschleunigungsaufnehmer (3) am Motor (1) angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschleunigungsaufnehmer (3) außen am Klemmenkasten (2) des Bremsmotors (1) angeordnet ist. 20

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschleunigungsaufnehmer (3) einen Piezosensor aufweist. 25

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschleunigungsaufnehmer (3) einen Dehnungsmeßstreifen aufweist. 30

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung (5 bis 9) einen Meßverstärker (5) aufweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßverstärker (5) mit einem Analog-/Digital-Wandler (6) verbunden ist. 35

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung eine Einrichtung (7) zur Fourier-Transformation des Sensorsignals aufweist. 40

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung eine Einrichtung (7) zur Mittelung mehrerer aufeinanderfolgender, durch Fourier-Transformation ermittelter Spektren aufweist. 45

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung eine Einrichtung (7) zur Integration des durch Mittelung erhaltenen Spektrums über der Frequenz aufweist. 50

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung einen Mikrokontroller (7) aufweist. 55

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungs- und Auswerteeinrichtung (5 bis 9) Speichereinrichtungen (8, 9) aufweist. 60

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschleunigungsaufnehmer (3) einen Frequenzbereich zwischen 40 Hz bis 10 KHz erfaßt.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß Beschleunigungsaufnehmer (3) eine hohe Resonanzfrequenz aufweist. 65

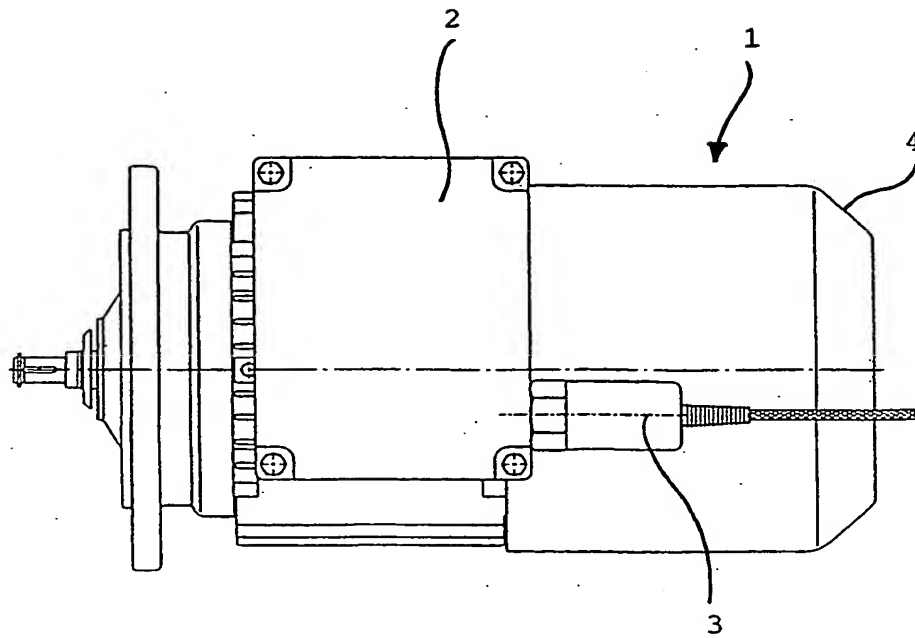


Fig. 1

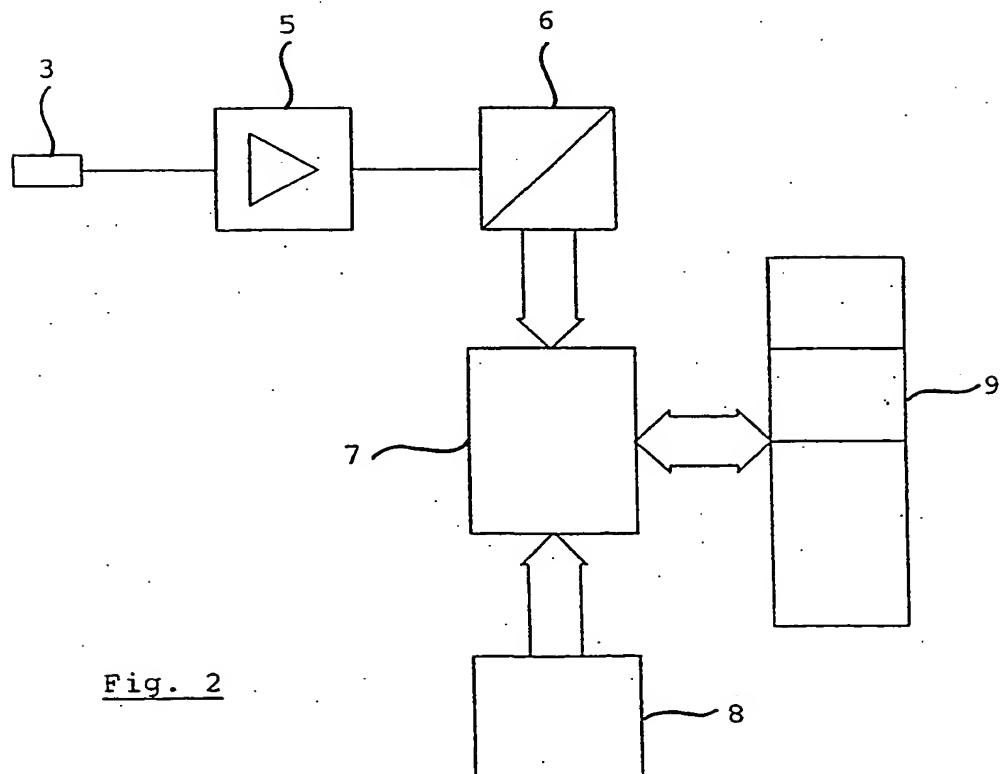


Fig. 2

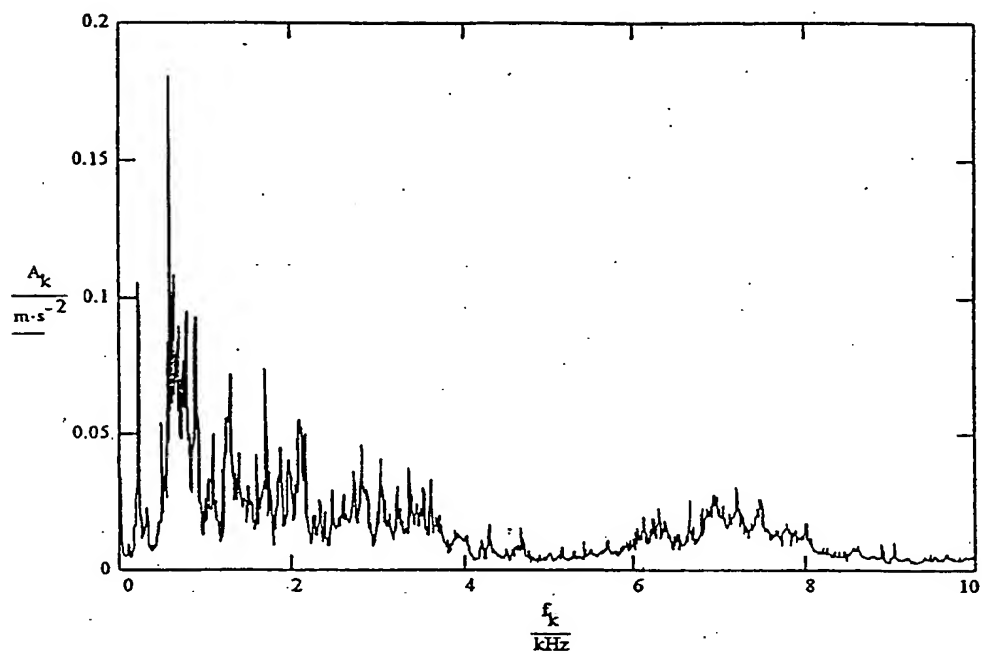


Fig. 3

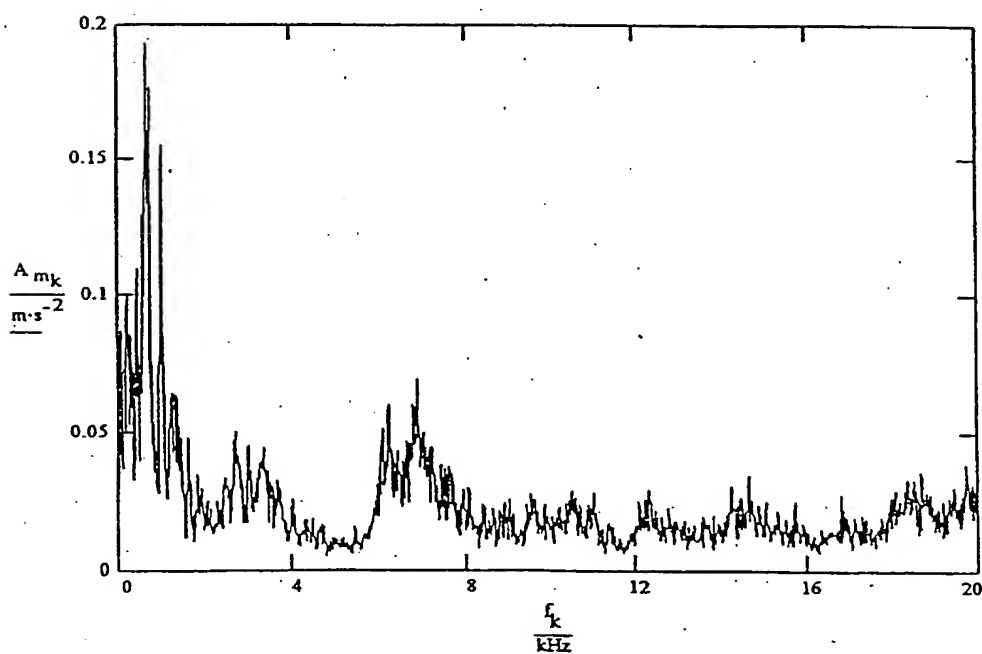


Fig. 4

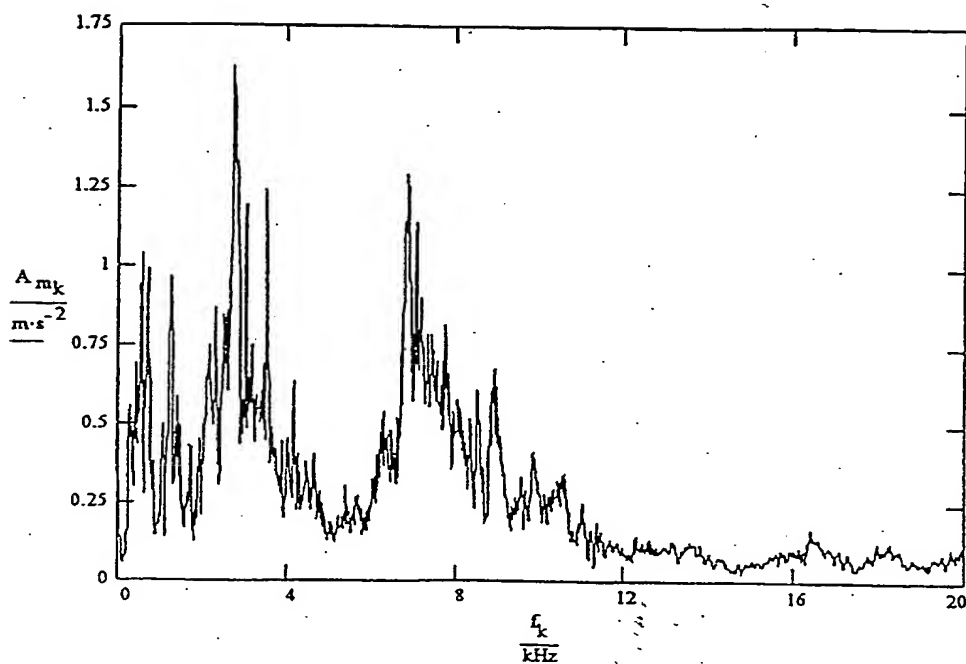


Fig. 5.

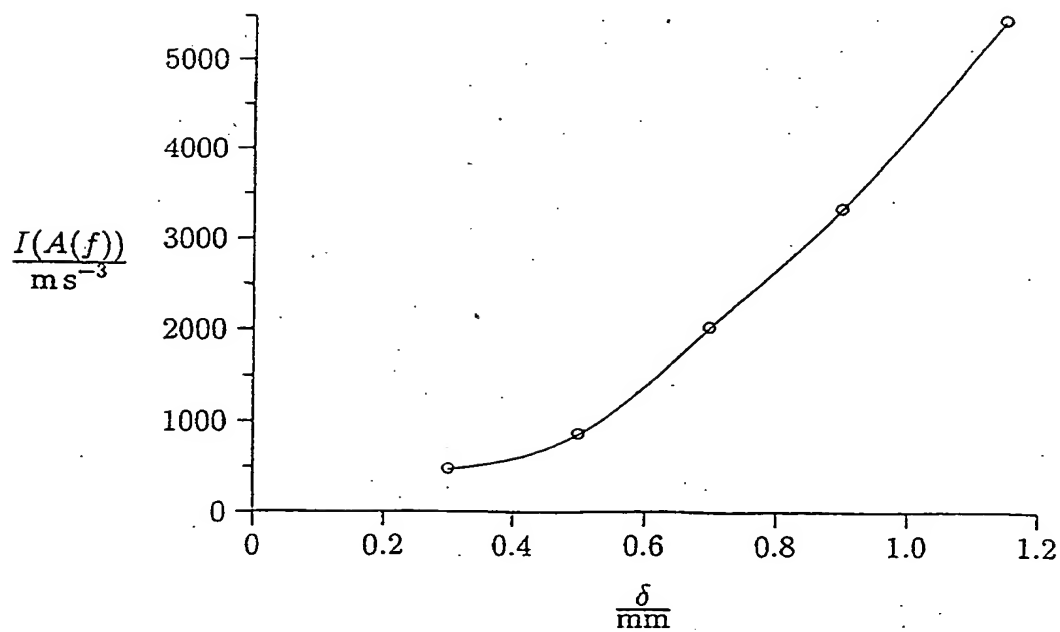


Fig. 6